



Der Unterschied zwischen Dauerleistung und Dauerbelastung

Dieser Fachbeitrag befasst sich mit zusätzlichen Überlegungen zur Dimensionierung von Stellantrieben und den sich daraus ergebenden Kommunikationsproblemen, die bei einer Anwendung auftreten können, die eine überwiegend konstante Last mit geringer Bewegung erfordert. Zu diesem Zweck wird der Begriff „Blockierung“, wie er typischerweise in der Stellantriebsindustrie verwendet wird, ausführlich erläutert. Diese Informationen werden dann für die Berechnung der Effektivkraft/des Effektivmoments der Achse zur korrekten Dimensionierung des Motors verwendet.

Die Ausweitung der Rückkopplungssysteme auf weniger traditionelle Servomotoren hat zu einem höheren Maß an spezifischen Anforderungen geführt. Einige dieser Servomotoranwendungen erfordern eine Kraft oder ein Drehmoment, um eine Last über einen längeren Zeitraum relativ zum Bewegungsprofil der Achse zu halten. Es besteht daher Klärungsbedarf zwischen mehreren Begriffen, die nicht gleichbedeutend oder nur unter bestimmten Betriebsbedingungen oder Ereignissen gleichbedeutend sind, aber von Anwendern anderer Motortypen oft austauschbar verwendet werden. Diese potenziell inkonsistente Kommunikation kann zu Fehlinterpretationen zwischen den Beteiligten führen, was sich auf die anfängliche Motorauslegung, die Maschinenprogrammierung, die Maschineninbetriebnahme und/oder die Fehlerbehebung bei einem Vorfall oder einem Produkt-/Prozessproblem auswirken kann.

Die Begriffe „Blockierung“ oder „Stillstands Drehmoment“ tauchen beispielsweise in der Spezifikation eines Asynchronmotors nicht auf, werden aber häufig verwendet, um einen Zustand zu beschreiben, der eintritt, wenn die Motorlast größer als das Volllast- oder Ausfallmoment ist. Nicht-Servomotoren (z. B. Asynchronmotoren), die in einem anderen als dem bestimmungsgemäßen Betriebszustand betrieben werden, werden zumindest manchmal als „blockierter Motor“ oder „stehender Motor“ (Null Drehzahl) bezeichnet; wenn die angeforderte Leistung aufgrund einer Last, die größer als das kontinuierliche Volllastdrehmoment des Motors ist, andauert, überhitzt sich der Motor und brennt schließlich durch.

Es ist auch wichtig zu verstehen, dass der Motor, wenn er blockiert ($0 \text{ U/min} < \text{tatsächliche Drehzahl} < \text{Volllastdrehzahl}$), einen Strom aufnimmt, der größer ist als seine kontinuierliche Kapazität, und wenn dieser Zustand anhält, überhitzen die Wicklungen des Motors. Diese abnormalen Zustände eines Induktionsmotors mit offenem Kollektor sind normalerweise nicht Teil einer normalen Anwendung, und jeder Induktionsmotor, der sich in einem dieser Zustände befindet, wird:

1. durch die Fähigkeit des Motors beeinträchtigt, seine Verlustleistung im Verhältnis zu seiner Last abzuführen; und
2. werden die Wicklungen des Motors überhitzt und brennen durch, wenn die Überlastung anhält.

Ein blockierender Motor kann eine Zeit lang mit einer Drehzahl unterhalb der Nenndrehzahl weiterlaufen, wenn er jedoch aufgrund des Auslösens eines Überlastschutzes oder durch Verbrennung stoppt, liegt keine Blockierung vor (da weder ein stromloser noch ein durchgebrannter Motor eine mechanische Belastung erkennen kann).

Der **servogesteuerte** Zustand des bewussten Haltens einer Position unter einer Last oder des Aufrechterhaltens eines Drehmoments oder einer Kraft gegen eine Last kann für eine bestimmte Anwendung ein normaler Vorgang sein, der sich völlig von unserem obigen Beispiel eines Induktionsmotors unterscheidet, selbst wenn dafür oft die gleichen Begriffe verwendet werden: **blockieren, blockiert, Blockierung** und/oder **blockierter Rotor**. Wenn der Servomotor für eine bestimmte Betriebsbedingung richtig dimensioniert ist, wird er (als System mit geschlossenem Regelkreis) nur das tun, was ihm vorgegeben wird, und nichts anderes. Bei richtiger Auslegung und normalem Betrieb kann der Servomotor die ihm zugeführte Last (z. B. Halten einer Position unter einer Last oder Aufrechterhalten eines Drehmoments/einer Kraft gegen eine Last) innerhalb des definierten Ereignisses und/oder Bewegungsprofils, für das er ausgelegt wurde, ohne Überhitzungsgefahr bewältigen.

Da diese Begriffe zuweilen austauschbar verwendet werden, sollte man sich darüber im Klaren sein, wie ähnliche Begriffe

Die meisten Verwirrungen in der Servomotorenindustrie zwischen diesen Wörtern/Begriffen und ihrer Bedeutung entstehen deshalb, weil ein Servomotor NICHT richtig dimensioniert ist oder anderweitig NICHT gemäß den Spezifikationen verwendet wird, für die er ursprünglich dimensioniert wurde.

Diese Art von Anwendungsproblemen führt oft zu Verwirrung, da Begriffe unterschiedlich interpretiert und verstanden werden (z. B. offener oder geschlossener Regelkreis).

in der Nicht-Servomotorenindustrie (z. B. Induktionsmotoren) verwendet werden. Für den Induktionsmotor mit offenem Kollektor ist der Begriff „blockierter Rotor“ eigentlich die Bedingung oder das Verfahren zur Bestimmung des maximal möglichen Anlaufstroms (Anzugsstrom (Locked-Rotor Current, LRC)), den der Motor aufnehmen kann, während er ein maximales Anlaufmoment (Anzugsmoment (LRT)) entwickelt. Dieser maximale Anlaufstrom und das daraus resultierende maximale Anlaufdrehmoment werden normalerweise in einer Laborumgebung mit blockiertem Motorrotor gemessen, daher die Bezeichnung „blockierter Rotor“. Der Anzugsstrom (LRC) ist auf dem Leistungsschild eines Asynchronmotors in der Regel als Stromstärke bei blockiertem Rotor (Locked-Rotor Amps, LRA) angegeben. Es handelt sich dabei um den maximal möglichen Anlaufstrom, den der Motor bei Null Drehzahl aufnimmt, wenn die Leistung zum ersten Mal angelegt wird (maximaler Schlupf). In einer realen Induktionsmotoranwendung ist dies der maximal mögliche Strom, der während einer kurzen intermittierenden Periode auftreten kann, wenn der Motor zum ersten Mal bestromt wird, bevor der Rotor des Motors beschleunigt wird, um den Schlupf (die Delta-Drehzahl zwischen Ankerfeld und Rotor) zu reduzieren und den Motor in einen Gleichgewichtsbetriebspunkt in Bezug auf die angelegte Last zu bringen (vorzugsweise innerhalb seiner Dauerleistung). Intermittierende Ströme im offenen Stromkreis eines Induktionsmotors, die größer als die Dauerleistung des Motors sind, treten typischerweise während der Beschleunigung auf, wenn die Leistung zum ersten Mal angelegt wird, und möglicherweise bei Störungen der Prozesslast. Der Effektivwert (RMS) der dem Motor über die Zeit zugeführt wird, darf jedoch nicht größer sein als die Dauerleistung des Motors.

Ein Servomotor wird, wie andere Motoren auch, durch die Fähigkeit des Motors, seine Verlustwärme abzuführen, beeinflusst, obwohl die Wahrscheinlichkeit einer Überhitzung aufgrund eines Überlastzustandes aufgrund der Einstellungen und Begrenzungen der Steuerung und Rückkopplung innerhalb seines Servoverstärkers und möglicherweise anderer Steuerungsprogrammierungen wesentlich geringer ist. Im Gegensatz zum Überlastzustand eines Induktionsmotors mit offenem Regelkreis, kann ein typischer Servomotor gezielt so gesteuert werden, dass er intermittierend über seiner Dauerleistung arbeitet. Wie beim Asynchronmotor mit offenem Regelkreis müssen jedoch die vom Servomotor über die Zeit gemessenen Effektivströme innerhalb der Dauerleistung des Motors bleiben, da sonst die Motorwicklungen überhitzen. Die intermittierenden Überlastzustände eines Servomotors sind angemessen und müssen, wenn sie zur Ausführung einer Funktion oder eines Prozesses verwendet werden, bei der Auswahl des Motorantriebs angemessen berücksichtigt werden, um den ordnungsgemäßen Betrieb der Achse während des normalen Maschinenbetriebs, der Wartung, möglicher Prozess-/Maschinenausfälle und sicherheitsrelevanter Ereignisse sicherzustellen.

Eine der spezifischeren Anwendungen eines Servomotors für einen Roboter-, Industrie- und/oder Fabrikautomatisierungsprozess ist das Halten eines bestimmten Drehmoments oder einer bestimmten Kraft gegen eine Last mit wenig oder keiner Motorbewegung. Die Anwendung kann so einfach sein wie eine Halteklammer oder das Halten einer vertikalen Last gegen die Schwerkraft (wo die Verwendung einer Haltebremse die Prozesszeit verlängern und/oder die Genauigkeit beeinträchtigen würde), oder das Halten eines Drehmoments/einer Kraft gegen eine Last zu Testzwecken, oder das dynamische Halten eines Teils für einen Prozess, oder das langsame Ausstoßen einer hochviskosen Flüssigkeit usw. Eines der Schlüsselemente für die Dimensionierung der Servomotor-/Antriebskombination für diese spezifische Anforderung ist die erforderliche Zeit, die diese effektiv kontinuierliche Last mit wenig oder keiner Aktuatorbewegung innerhalb ihres Bewegungsprofils oder für ein bestimmtes Ereignis verwendet, im Verhältnis zu den thermischen Zeitkonstanten des Motors: Motor und Wicklungen (und auch Antriebskapazität). Wenn der Servomotor richtig dimensioniert ist und mit den richtigen Antriebseinstellungen für eine bestimmte Anwendung betrieben wird, wird er nicht überhitzen, eine Schutzvorrichtung auslösen oder durchbrennen. Bei einer solchen vorgesehenen Verwendung des Servomotors kann der ungünstigste Fall oder das ungünstigste Szenario für den Servomotor der kontinuierliche Betrieb des Motors gegen die angelegte Last (aufgrund der Schwerkraft oder anderweitig) während des Normalbetriebs oder während eines Maschinenstillstands oder einer Abschaltsituation und/oder eines Wartungsbetriebs im Vergleich zum berechneten effektiven RMS-Drehmoment/Kraftbedarf für die Achse auf der Grundlage ihres Bewegungsprofils sein.

Im Gegensatz zu einem Asynchronmotor mit offenem Regelkreis, der in der Lage ist, sich selbst zu überlasten, während er versucht, die Anforderungen seiner Last zu erfüllen, wird das Drehmoment, die Drehzahl und/oder die Position des Servomotors mit geschlossenem Regelkreis durch die Verstärkungen und Begrenzungen des Strom-/Drehzahl-/Positionsregelkreises des Antriebs geregelt und begrenzt, zusätzlich zur Spitzenstrombegrenzung durch die Foldback-Schaltung des Frequenzumrichters und/oder Zeitprogrammierung (I^2t -Foldback, typischerweise eingestellt = $I_c(\text{Motor})$ oder $I_c(\text{Antrieb})$). Selbst wenn der Servomotor physisch blockiert ist oder der Rotor blockiert zu sein scheint, wird er bei richtiger Dimensionierung und Programmierung innerhalb seiner Dauerleistung gesteuert und somit innerhalb der Fähigkeit des Motors, seine eigenen Wärmeverluste abzuführen. Zur Beschreibung dieses Vorgangs, insbesondere

bei Achsproblemen, werden jedoch häufig Begriffe mit unterschiedlicher Bedeutung oder Interpretation verwendet.

In der Servomotorindustrie wird der Begriff „Blockieren“ oft als Drehmoment/Kraft-Subtraktion oder auf andere Weise verwendet, um das maximal erreichbare Dauerdrehmoment (T_c) des Servomotors und den daraus resultierenden Dauerstrom (I_c) zu definieren, der bei einer bestimmten Umgebungstemperatur mit einer gleichmäßigen stationären Wärmeverteilung in den Motorwicklungen erforderlich ist, um das genannte Drehmoment bei einem bestimmten Temperaturanstieg und einer bestimmten Größe des Kühlkörpers (Montageplatte) zu erreichen, ohne die Motorwicklungen zu überhitzen. Diese Verwendung hat daher eine ganz andere Bedeutung als die Definition des Begriffs „Blockieren“ (anhaltend) und des Zustands, in dem ein Asynchronmotor nicht mehr in der Lage ist, sich mit der vorgesehenen Drehzahl gegen die aufgebrachte Last zu bewegen (mit dem Erscheinungsbild eines blockierten Rotors (blockiert/angehalten), eines blockierenden Motors (im Begriff zu blockieren) oder eines blockierenden Motors (der mit einer niedrigeren Drehzahl als der Nennzahl, aber nicht mit Nullzahl läuft). Der weit verbreitete Irrtum, dass die gleiche Bedeutung/Verwendung in der Servomotorenindustrie zutrifft, ist nicht korrekt.

Aufgrund des falschen Verständnisses des Wortes im Gegensatz zum Begriff wurde in einigen Veröffentlichungen der Hersteller sogar behauptet, „Blockieren“ bedeute null Umdrehungen pro Minute oder keine Rotorbewegung, was aber nicht der Fall sein darf!

Es stellt sich daher die Frage, wie ein bürstenloser AC-/PM-Servomotor so dimensioniert werden kann, dass die Motorwicklungen bei einer Anwendung, die ein kontinuierliches Haltemoment/eine kontinuierliche Kraft mit wenig oder keiner physischen Bewegung über einen solchen Zeitraum erfordert, nicht überhitzt werden, sodass die Berechnung des Effektivwerts des Bewegungsprofils der Achse ungültig wird (was andernfalls zu einer ungleichmäßigen Wärmeverteilung im Motor führen würde).

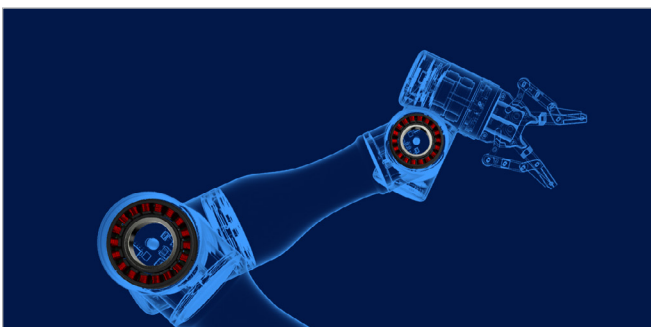
Wir werden diese Frage anhand eines Anwendungsbeispiels beantworten, doch zunächst müssen wir verstehen, wie der Hersteller den Dauerstrom $I_c(\text{Motor})$ angibt und wie er bestimmt wird. Wir gehen von einem Effektivstrom mit sinusförmiger Kommutierung aus, allerdings gibt es je nach Hersteller auch andere Varianten, wie I_c ermittelt/angegeben werden kann.

Die Methode zur Bewertung von Servomotoren stammt aus einer Zeit, als die meisten Anwendungen keine signifikante Belastung während der Nullbewegung im Vergleich zum gesamten Bewegungsprofil der Anwendung aufwiesen. Wenn daher eine dieser atypischen Anwendungen in Betracht gezogen wird, werden die sich daraus ergebenden Anforderungen für die spezifische Bedingung/das spezifische Ereignis separat bewertet, was die Berechnung des effektiven RMS-Drehmoments der Anwendung außer Kraft setzen kann oder auch nicht.

Normalerweise werden Servomotoren so ausgelegt, dass eine maximale Dauerleistung bei gleichmäßiger Wärmeverteilung der internen Wicklungsverluste im gesamten Motor erreicht wird. Dies bedeutet, dass die elektrischen Zyklen im Motor während des Auslegungsprozesses mit einer Geschwindigkeit ablaufen, die schnell genug ist, um eine gleichmäßige Wärmeverteilung der internen Verluste zu gewährleisten, aber langsam genug, um sicherzustellen, dass die JXL- und/oder Kernverluste im Motor im Wesentlichen Null sind. Diese physische Prüfdrehzahl beträgt bei Motoren in der Regel 1-4 Umdrehungen pro Sekunde (RPS), kann aber je nach Polpaarung des Motors auch niedriger oder höher sein. Die meisten Hersteller definieren ihr Dauerdrehmoment (T_c) und den resultierenden Strom (I_c) bei dieser oder einer ähnlichen Drehzahl. Die veröffentlichten Spezifikationen für das Dauerdrehmoment und den Dauerstrom werden häufig auch als Stillstandsrehmoment (T_{c_stall}) und Stillstandsstrom (I_{c_stall}) bezeichnet, unabhängig von der Art der Kommutierung und den daraus resultierenden Stromeinheiten.

Zu beachten ist der Unterschied zwischen dem Begriff „Blockieren“, der hier im Rahmen eines kontrollierten Prüfstandsversuchs zur Bestimmung der maximalen Dauerleistung des Servomotors verwendet wird, und unseren früheren Begriffen „blockieren“, „blockiert“ und „blockierend“, die sich auf einen Überlastzustand beziehen, der die maximale Leistung eines Induktionsmotors überschreitet, unabhängig davon, ob sich der Rotor bewegt oder nicht.

Zusätzlich müssen wir verstehen, was der Ausgang des Servoantriebs macht, wenn ein Servomotor im Wesentlichen unter einer bestimmten Last mit wenig oder keiner Bewegung gehalten wird. Da wir in unserem Beispiel eine sinusförmige Kommutierung verwenden, ist der geregelte 3-Phasen-Wechselstromausgang effektiv im Stillstand und stellt einen kontinuierlichen, sich nicht bewegendenden 3-Phasen-PWMed-Ausgang mit einem Amplitudenwert (entsprechend der Kommutierungsposition des Servomotors) dar, der dem entspricht, was sonst als eine Momentaufnahme in dieser Position betrachtet würde (Sie können sich dies als eine Momentaufnahme der sich bewegendenden Sinuswellen vorstellen).



Der Hauptunterschied zwischen den beiden Hauptkommutierungsmethoden ist folgender: Bei der 6-Schritt/Block-Kommutierung (d. h. unmodifizierte Trapezkommutierung) fließt der Strom immer nur durch zwei (2) der drei (3) Motorphasen (2-EIN, 1-AUS, zu jedem Zeitpunkt); bei der Sinuswellen- oder Sinuskommutierung hingegen fließt der Strom durch drei Motorphasen gleichzeitig (falls zutreffend) und jeder elektrische Zyklus des Motors wird dem Servomotor als Sinuswelle präsentiert.

Heutzutage weisen die meisten rotierenden Servomotoren eine gute Wärmeleitfähigkeit zwischen den Motorwicklungen, den Lamellen und dem Gehäuse auf, insbesondere wenn sie mit Epoxidharz vergossen sind. Jede Konstruktion weist jedoch eine andere Wärmeleitfähigkeit zwischen den Wicklungen und dem Gehäuse auf, so dass eine umfangreiche thermische Modellierung oder tatsächliche Messungen und Tests erforderlich sind, um die Leistung eines bestimmten Motors zu bestimmen. Für die Zwecke dieses Artikels gehen wir daher auch davon aus, dass jede Motorwicklung eine unabhängig montierte Spule ist, bei der keine Spule einen thermischen Vorteil durch Wärmeübertragung auf den Bereich einer anderen Wicklung/Spule innerhalb des Motors hat.

Unter der Bedingung eines voll belasteten Servomotors können die beiden ungünstigsten Kommutierungslagen wie folgt definiert werden:

1. der gesamte Strom (100 %) ($I_{actual} = I_{c(rms)} \times \sqrt{2}$) fließt durch eine Wicklung und 50 % durch die beiden anderen Wicklungen (**Abbildung B**)
2. der gesamte nutzbare Strom (86,6 %) fließt durch nur zwei Wicklungen ($I_{actual} = I_{c(rms)} \times \cos(30^\circ) \times \sqrt{2}$) (**Abbildung C**).

Dies sind die ungünstigsten Bedingungen, denen die Motorwicklungen ausgesetzt sind, wenn die I_{pk} -Zeit des Antriebs (gesteuert durch einen I^2t -Schaltkreis/Programm) auf den veröffentlichten Dauerstrom des Motors (I_{c_stall} , ermittelt bei gleichmäßiger Wärmeverteilung: niedrige Drehzahl) gesunken ist.

Wenn also für die Bedingung (**1; Abbildung B**) $I_{c(Motor)_stall} = 10_{Arms}$ und die Kommutierungsposition und die Last 10_{Arms} durch die Phase U benötigen, um die stationäre Position unter einer Lastanforderung von 10_{Nm} zu halten, dann würde die Phase U kontinuierlich von 14,14 DC-Amps [$10_{Arms} \times \sqrt{2}$] durchflossen werden. Diese spezielle Wicklung versucht nun, $(14,14^2 \times R_{m\emptyset})$ Watt Verlust gegenüber $(10^2 \times R_{m\emptyset})$ Watt Verlust abzuführen; das Doppelte ihrer Kapazität, was sie natürlich nicht kontinuierlich leisten kann!

In ähnlicher Weise würde für die Bedingung **(2; Abbildung C)** jede der beiden Spulen versuchen, $(12,247^2 \times R_{m\emptyset})$ Watt Verluste gegenüber den $(10^2 \times R_{m\emptyset})$ Watt Verlusten jeder Spule (50 % über der Kapazität) abzuführen. Aus diesen Berechnungen geht hervor, dass der effektive Stillstandsstrom, der erforderlich ist, um eine bestimmte Last effektiv stillzuhalten, im Verhältnis zur Fähigkeit des Motors, die Wicklungsverluste unter diesen Bedingungen abzuführen, ein kritischer Faktor ist, der bei der Dimensionierung eines Servomotors berücksichtigt werden muss.

Wir benötigen also einen Motor mit einem Dauerdrehmoment (T_c), das dem Effektivwert von $T_{hold} \times \sqrt{2}$ entspricht; nicht weil wir ein zusätzliches Drehmoment vom Motor benötigen, sondern weil jede der Motorwicklungen in der Lage sein muss, das zu verarbeiten, was andernfalls ein momentaner Spitzenwert eines sich bewegenden Sinusstroms über einen tatsächlich kontinuierlichen Zeitraum wäre.

Unter diesen Bedingungen (unter der Annahme, dass es sich um Nennwerte ohne Spiel handelt) ist die Verwendung eines Servomotors mit $T_c(stall) = 10_Nm$ in einer Anwendung, die 10_Nm erfordert, um eine vertikale Last unbegrenzt zu halten, nicht ausreichend, aber die Auswahl eines etwas größeren Motors, der $T_c(stall) \Rightarrow 14,14_Nm$ erreicht, wäre angemessen. Wenn der Servoverstärker auch in Arms angegeben ist, muss er nur den effektiven Dauerstrom liefern, der erforderlich ist, um 10_Nm durch den Motor zu erzeugen (z. B. ca. 10_Arms , wenn K_t des Servomotors = $1_Nm/Arms$ ist).

Wir können dies nachweisen, indem wir zunächst die Verlustleistung bei Dauerleistung bestimmen (Abbildung A) und dann die Verlustleistung mit den zwei ungünstigsten Kommutierungspunkten der Drehstrom-Motorspulen vergleichen, bei denen der Strom 100 %, 50 %, 50 % (**Abbildung B**) und 86,6 %, 86,6 %, 0 % (**Abbildung C**) beträgt.

Unter Berücksichtigung der Motorinformationen:

$$T_c(stall) = 10_Nm$$

$$I_c(stall) = 10_Arms$$

$$K_t = 1,0_Nm/Arms$$

$$R_{m(L-L)}_{25\text{ °C}} = 1,006_ohms, \text{ wobei } R_{m(L-L)}_{150\text{ °C}} = (1,006_ohms \times 1,491); \text{ und}$$

$$R_{m\emptyset}_{150\text{ °C}} = 1,5/2 = 0,75_ohms$$

$$Temp(\text{maximale Wicklungstemperatur im Dauerbetrieb}) = 150\text{ °C}$$

$$Temperaturanstieg(\text{max. von } 25\text{ °C Umgebungstemperatur}) = 150\text{ °C} - 25\text{ °C} = 125\text{ °C}$$

Abbildung A: Maximaler Gesamt-Wattverlust, der mit den veröffentlichten Daten erzielt werden kann.

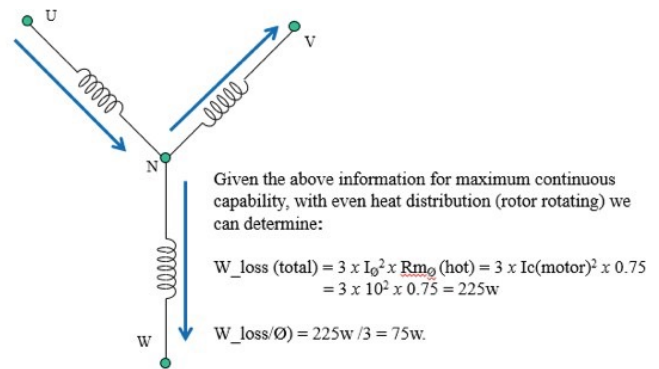


Abbildung B: 100% Effektivstrom (I_c), der in Phase U eintritt, mit 1/2 Aufteilung zwischen Phase V und Phase W

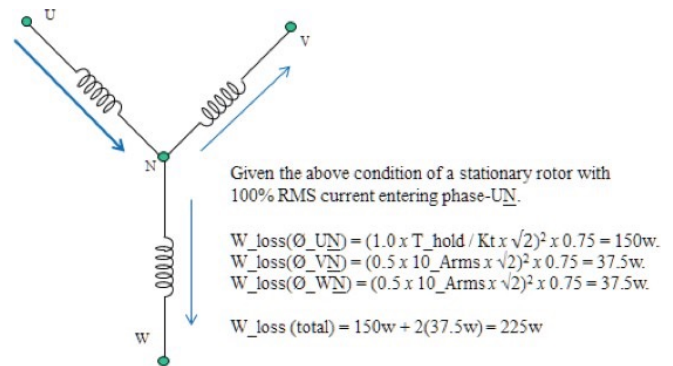
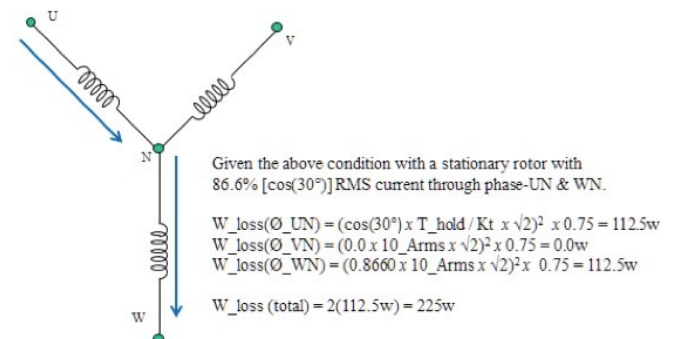


Abbildung C: Der Eingangsstrom in Phase U und der Ausgangsstrom in Phase W beträgt $I_c \times \cos(30^\circ)$; der Wicklungsstrom in Phase V = 0,0.



Unter den gegebenen Informationen, Bedingungen und Annahmen, bei denen jede Motorwicklung ein eigenständiger Phasen(\emptyset)-Zweig oder eine eigenständige Spule ist, ohne den Vorteil der Wärmeübertragung auf den thermischen Bereich einer anderen Wicklung, kann daher jede Wicklung bis zu 75 Watt abführen.

Betrachtet man die erste der beiden ungünstigsten Kommutierungspositionen mit dem gesamten (100 %) Strom ($I_{\text{aktuell}} = I_c \times \sqrt{2}$), so zeigt sich, dass die Verlustleistung (gesamt) zwar immer noch 225 W beträgt (**Abbildung B**), die spezifische Leistung, die von einer Wicklung (\emptyset_{UN}) abgeführt werden muss, jedoch um 100 % über der zuvor berechneten thermischen Kapazität von 75 W liegt (**Abbildung A**) und die beiden anderen Wicklungen jeweils zu 50 % ausgelastet sind.

Im Fall von **Abbildung B** müsste $I_c(\text{Antrieb})$ auf 70,7 % von $I_c(\text{Motor})$ begrenzt werden, um eine Überhitzung der Wicklungen dieses Motors aufgrund dieser speziellen Kommutierungsposition zu vermeiden. In unserem Beispiel kann diese Motorauswahl die geforderte Funktion NICHT ohne Überhitzung erfüllen, wenn die vorgegebene Haltelast von 10 Nm beibehalten wird. Eine mögliche Lösung wäre daher die Auswahl eines Motors mit einer Kapazität: $T_c \Rightarrow \sqrt{2} \times T_{\text{hold}}$, vorzugsweise mit etwa der gleichen Motordrehmomentkonstante (K_t), sodass die maximal erforderliche Anwendungsdrehzahl ohne Änderung des Frequenzumrichters beibehalten werden kann.

Betrachtet man die zweite ungünstigste Kommutierungsposition, bei der der gesamte verfügbare Strom (86,6 %) durch nur zwei Wicklungen fließt ($I_{\text{actual}} = \cos(30^\circ) \times T_c(\text{motor}) \times \sqrt{2}$), so stellt man fest, dass die Verlustleistung (gesamt) wieder 225 W beträgt (**Abbildung C**); die spezifische Leistung, die durch die Wicklungen (\emptyset_{UN}) und (\emptyset_{WN}) abgeführt werden muss, liegt jedoch um 50 % über der zuvor berechneten thermischen Leistung von 75 W (**Abbildung A**) für jede Wicklung.

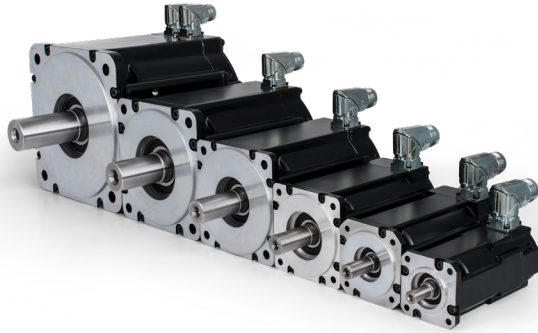
In diesem Fall (**Abbildung C**) sollte der Effektivwert des Umrichterstroms ($I_c(\text{drive})$) nur auf 81,6 % [$100 \times (75 \text{ W} / 112,5 \text{ W})^{1/2}$] von $I_c(\text{Motor})$ begrenzt werden, um eine Überhitzung der Motorwicklungen aufgrund dieser speziellen Kommutierungsposition zu vermeiden, was einen W-Verlust ($\emptyset_{\text{UN}} = \text{W-Verlust}(\emptyset_{\text{WN}}) = ((10_{\text{Arms}} / \sqrt{1,5} \times \cos(30^\circ)) \times \sqrt{2})^2 \times 0,75 = 75 \text{ W}$ ergibt.

Wenn jedoch die Haltekraft von 10 Nm nicht auf einen niedrigeren Wert festgelegt wird, würde auch diese Motorauswahl die Aufgabenstellung nicht erfüllen (wie im Fall von **Abbildung B**). Für diese spezielle Bedingung könnte ein Motor mit der Fähigkeit ausgewählt werden: $T_c \Rightarrow \sqrt{1,5} \times T_{\text{hold}}$; dies erlaubt jedoch immer noch eine 33,3%-ige Wattüberlastung der ersten Kommutierungsbedingung (**Abbildung B**). Die bessere Lösung ohne Berücksichtigung der statistischen Ausfallwahrscheinlichkeit ist daher die Auswahl eines Motors mit einer Kapazität: $T_c \Rightarrow \sqrt{2} \times T_{\text{hold}}$, wie in **Abbildung B** dargestellt.



Fazit

Das richtige Verständnis des Servomotor-spezifischen Begriffs „Blockieren“ ermöglicht es Ingenieuren, die Besonderheiten des Bewegungsprofils einer Achse und ihrer Lastanforderungen über relative Lastanforderungszeiten im Vergleich zu Gesamtzykluszeiten korrekt zu berücksichtigen, sodass dominante Faktoren für Auslegungsberechnungen, Maschinenachsenprogrammierung und/oder Fehlersuche, sei es während des normalen Betriebs oder anderweitig, bestimmt und analysiert werden können. Diese bestimmenden Faktoren ermöglichen eine sinnvolle Gewichtung der Ergebnisse: Effektivwertberechnungen und alle effektiv konstanten oder konstanten Lasten, die im Vergleich zur Gesamtzeit des Bewegungsprofils der Achse relativ lange gehalten werden, die thermischen Zeitkonstanten des Motors: TCT_{Motor} und TCT_{Wicklung} , und der I^2t -Foldback-Algorithmus des Servoantriebs. Ein gutes Verständnis der ungünstigsten Kommutierungspositionen des Motors, wenn eine kontinuierliche Last mit praktisch keiner Bewegung gehalten wird, und der daraus resultierenden Stillstands-PWM-Antriebskommutierung ist für die richtige Dimensionierung des Motors und des Antriebs einer Achse unerlässlich. Das Aufrechterhalten eines Drehmoments gegen eine (externe oder andere) Last über einen relativ langen Zeitraum kann zu falschen RMS-Schlussfolgerungen im Vergleich zu den Bewegungsprofilzeiten und/oder thermischen Zeitkonstanten führen. Ähnliche Überlegungen [ein anderes Thema] sind für hohe intermittierende Drehmomentanforderungen im Verhältnis zu den Zeiten und Anforderungen eines Bewegungsprofils und den thermischen Zeitkonstanten eines vorgeschlagenen Motors erforderlich.



Unser AKM2G ermöglicht Kunden, die Größe, Stellfläche und Komplexität der Maschine zu reduzieren und dennoch die benötigte Kraft und Leistung zu erzielen.

In realen Anwendungen kann der Drehmomentmultiplikator $\sqrt{2}$ angesichts der guten Wärmeleitfähigkeit zwischen den heutigen Motorwicklungen, den Lamellen und dem Rahmen konservativ sein. Dennoch ist die Erfahrung des Autors, basierend auf begrenzten Rückmeldungen über viele Jahre, Motorkonstruktionen und Anwendungen, dass der $\sqrt{2}$ -Multiplikator für rotierende Servomotoren mit Eisenkern im Allgemeinen eine Sicherheitsmarge im Bereich von 9–11 % bietet. Obwohl diese Information nicht speziell verifiziert wurde, scheint das Worst-Case-Szenario mit dem $\sqrt{2}$ -Multiplikator genügend Spielraum zu bieten, um die typischen Fertigungstoleranzen von $\pm 10\%$ zu überwinden. Daher erscheint die Auswahl eines Motors mit einer Dauerleistung, die dem berechneten Dauerleistungsbedarf entspricht oder leicht darüber liegt, unter Verwendung des $\sqrt{2}$ -Multiplikators sinnvoll. Bei Glockenankermotoren wird jedoch kein Spielraum angenommen. Bei Servomotoren mit eisenlosem Kern ist es ratsam, wie in allen anderen Fällen, die Definition der Stillstandsleistung des jeweiligen Herstellers zu berücksichtigen. Der Begriff „Stillstand“ ist in der AC-Servomotorenindustrie ein begrenzter Begriff mit einer spezifischen Definition; er ist jedoch nicht so definiert, dass er nicht ganz oder teilweise für einen bestimmten Zweck oder eine bestimmte Art von Servomotor (z. B. AC-PM-Servomotor mit eisenlosem Kern) neu definiert werden könnte. Die Bedeutung einer guten Kommunikation sollte nicht unterschätzt werden, ungeachtet möglicher Missverständnisse zwischen dem Begriff „Blockieren“ und seinen Ableitungen und dem Begriff „Stillstand“, der innerhalb der Servomotorindustrie als Teil der normalen Parametrierung, des Betriebs oder anderweitig definiert ist.

Sind Sie bereit, Ihr Unternehmen voranzubringen?

Kontaktieren Sie Kollmorgen unter kollmorgen.com, um Ihre Anforderungen und Ziele mit einem Experten von Kollmorgen zu besprechen.

Wissenswertes über Kollmorgen

Kollmorgen, eine Marke von Regal Rexnord, verfügt über mehr als 100 Jahre Erfahrung in der Antriebstechnik, die sich in den leistungsstärksten und zuverlässigsten Motoren, Antrieben, Linearantrieben, FTS-Steuerungslösungen und Automatisierungsplattformen der Branche bewährt hat. Wir liefern bahnbrechende Lösungen, die außergewöhnliche Leistung, Zuverlässigkeit und Benutzerfreundlichkeit vereinen und Maschinenbauern einen unbestreitbaren Marktvorteil verschaffen.